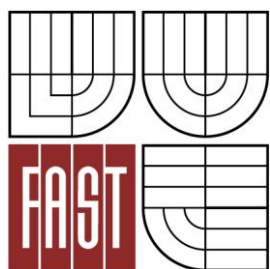




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

MOST NA RYCHLOSTNÍ SILNICI

BRIDGE ON A MOTORWAY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ LINDTNER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Tomáš Lindtner

Název Most na rychlostní silnici

Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Panáček

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2014

**Datum odevzdání
diplomové práce** 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.

ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Zásady pro vypracování

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete podle mezních stavů včetně vlivu výstavby.

Mostní konstrukci můžete prodloužit na úkor násypů silničního tělesa.

Statický výpočet provedete pro jeden most, výkresy pro oba mosty.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Josef Panáček
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Předmětem diplomové práce je návrh silničního mostu na Rychlostní silnici R1, v km 1,293 nad cestou III/51311. Hlavní náplní je statický výpočet nosné konstrukce o čtyřech polích. Byli zpracované čtyři studie a první varianta dvoutrámové monolitické konstrukce byla vybrána. Rozpětí polí se pohybuje v rozmezí od 25 m - 30 m. Dvoutrám se skládá ze dvou dodatečně předpjatých betonových trámů a železobetonové desky. Statické modely a účinky zatížení jsou řešeny v programu Scia Engineer. Most se nachází v půdorysném oblouku, nicméně, byl zvolen kompromis (z důvodu malého zakřivení), posuzování napřímené konstrukce. Byly zanedbány účinky zatížení teplotou, větrem a vodorovné síly od dopravy.

Klíčová slova

Dvoutrám, dodatečně předpjatý beton, silniční most, mostní konstrukce o více polích.

Abstract

The subject of Diploma's thesis is the design of a road bridge on the R1 expressway, at km 1,293 above the road III/51311. The main content is static calculation of supporting structure consisting of four spans. Four studies were processed and the first variant of double-girder monolithic structure was chosen. The range of spans is ranging from 25 m - 30 m. Double-girder consists of two post-tensioned concrete beams and reinforced concrete slab. Static models and load effects are solved in Scia Engineer. Bridge is located in the horizontal curvature, however, compromise was elected (because of small curvature), assessing the upright design. Calculation is made without effects of temperature, wind loads and horizontal forces causing by traffic.

Keywords

Double-girder, post-tensioned concrete, Road Bridge, bridge structures with several spans.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Tomáš Lindtner *Most na rychlostní silnici*. Brno, 2015. 18 s., 82 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Tomáš Lindtner

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Josefovi Panáčkovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Touto formou bych chtěl taky poděkovat svým rodičům za podporu během vysokoškolských studií.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

MOST NA RYCHLOSTNÍ SILNICI

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. TOMÁŠ LINDTNER

BRNO 2015

Obsah

1) ÚVOD	2
2) VŠEOBECNÁ ČÁST.....	2
2.1) Identifikační údaje mostu	2
2.2) Základní údaje mostu	2
3) MOST A JEHO UMÍSTĚNÍ	3
3.1) Charakter převáděné komunikace a překážky	3
3.2) Územní podmínky	3
3.3) Inženýrské sítě v místě a okolí stavby.....	3
4) STUDIE NOSNÉ KONSTRUKCE	4
4.1) Varianta 1	4
4.2) Varianta 2	4
4.3) Varianta 3	5
4.4) Varianta 4	5
5) TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU	6
5.1) Spodní stavba	6
5.2) Pilíře	6
5.3) Nosná konstrukce	6
5.4) Vozovka	6
5.5) Římsy	7
5.6) Ložiska	7
5.7) Odvodnění	7
5.8) Svodidla a zábradlí	7
6.) VÝSTAVBA MOSTU	7
7.) STATICKÉ ŘEŠENÍ.....	8
8.) ZÁVĚR	8

1) ÚVOD

V rámci Diplomové práce je řešen silniční most na Rychlostní komunikaci R1. Protínávrh k stávajícímu mostnímu objektu 203 – Most na R1 v km 1,293 nad cestou III/51311, který byl neprojektován firmou Dopravoprojekt, a.s.. Stávající konstrukce je vytvořena z prefabrikovaných nosníků, prostě uložených. Pro návrh přemostění byly mnou k stávajícímu stavu zpracované další čtyři studie, z nichž jsem nakonec vybral variantu dvoutrámového monolitu. Velký důraz je kladen na návrh a výpočet nosné konstrukce mostu. Různorodost výpočetních modelů mi taky umožnila zahrnout účinky od dotvarování (Time discretization analysis, TDA). Za pomoci výpočetního softvéru jsem určil taky dlouhodobé i krátkodobé ztráty napětí na kabelech. Dimenzování a posouzení je provedeno pro podélný a příčný směr + klopení, pro hlavní svislé účinky od zatížení v souladu s Eurokódem.

2) VŠEOBECNÁ ČÁST

2.1) Identifikační údaje mostu

Stavba:	Dvoutrámový most z dodatečně předpjatého betonu
Název:	203 – Most na R1 v km 1,293 nad cestou III/51311
Kraj:	Nitriansky
Katastrální území:	Kynek
Obec:	Nitra
Investor:	Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií Slovenskej republiky Námestie slobody č. 6, 810 05 Bratislava
Uvažovaná správce mostu:	Nitra
Projektant:	Bc. Tomáš Lindtner
Úhel křížení:	s cestou III/51311 ($\alpha = 74,14^\circ$)
Volná výška pod mostem:	v ose cesty III/51311 = 6,535 m

2.2) Základní údaje mostu

Délka přemostění:	v ose mostu = 108,460 m
Délka mostu:	v ose mostu = 120,810 m
Délka nosné konstrukce:	v ose mostu = 111,200 m
Šikmost mostu:	kolmý
Poloměr půdorysného zakřivení:	$R = 1055,000$ m

Počet polí:	4
Rozpětí nosné konstrukce:	Pole 1 = 25,000 m Pole 2 = 30,000 m Pole 3 = 30,000 m Pole 4 = 25,000 m
Šířka vozovky:	12,750 m
Šířka říms:	Římsa levá = 0,950 m Římsa pravá = 1,500 m
Celková šířka mostu:	15,200 m
Výška mostu:	11,015 m
Stavební výška:	2,230 m
Plocha mostu:	1843 m ²
Zatížení mostu:	1. Skupina pozemních komunikací + zvláštní vozidlo 3000/240

3) MOST A JEHO UMÍSTĚNÍ

3.1) Charakter převáděné komunikace a překážky

Převáděná komunikace je Rychlostní silnice R1. V příčném směru má vozovka stejnoměrný pravý náklon 3.0% v celé délce mostu v důsledku, že se most nachází v pravotočivém směrovém oblouku. Římsy mají příčný sklon 4.0% směrem do vozovky. Most se také nachází v údolnicovém oblouku. Niveleta průběžně klesá ve sklonu -2,16% (tečna) směrem na Banskou Bystrici. Šířkové uspořádání mostu je následovné (zleva): 0,50 – krajnice; 0,50 – vodící proužek; 3,50 – jízdní pruh č. 1; 3,50 – jízdní pruh č. 2; 0,25 – vodící proužek; 2,50 – odstavní pruh; 1,50 – krajnice; 0,50 – okrajová krajnice. Celkem S 12,750. Překážku mostu tvoří cesta III/51311.

3.2) Územní podmínky

Komunikace je v daném místě vedena extravilánem v náspu.

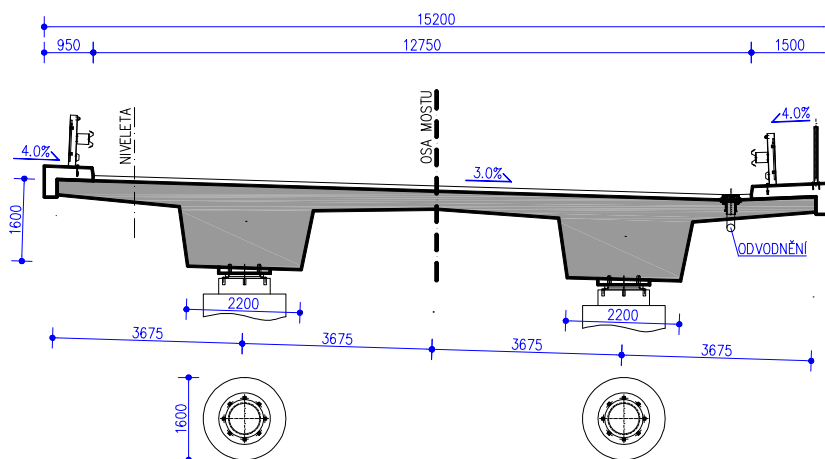
3.3) Inženýrské sítě v místě a okolí stavby

V bezprostředním okolí stavby se nenacházejí žádné inženýrské sítě.

4) STUDIE NOSNÉ KONSTRUKCE

4.1) Varianta 1

VARIANTA 1 DESKOTRÁM



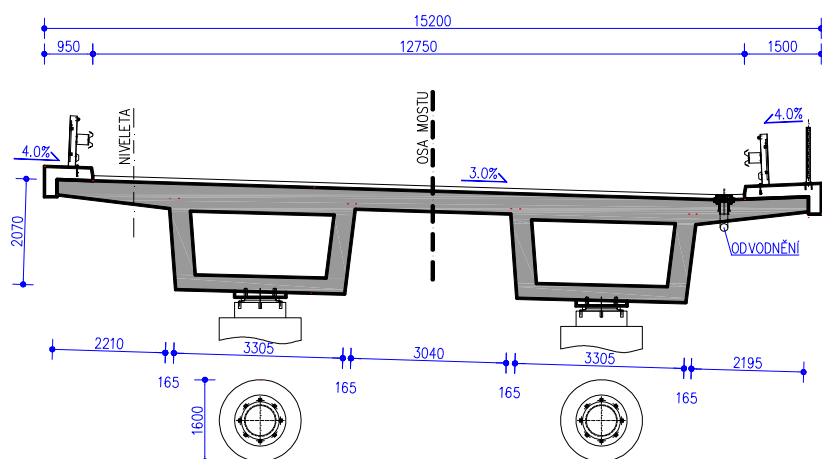
Mostní konstrukci tvoří monolitický široký dvoutrám (řešená varianta).

Zvolil jsem tuhle variantu z důvodů:

1. Ideální průřez na rozpětí kolem 30,00 m
2. Relativní jednoduchost provedení konstrukce
3. Větší zkušenosti projektanta s tímto typem konstrukce ☺

4.2) Varianta 2

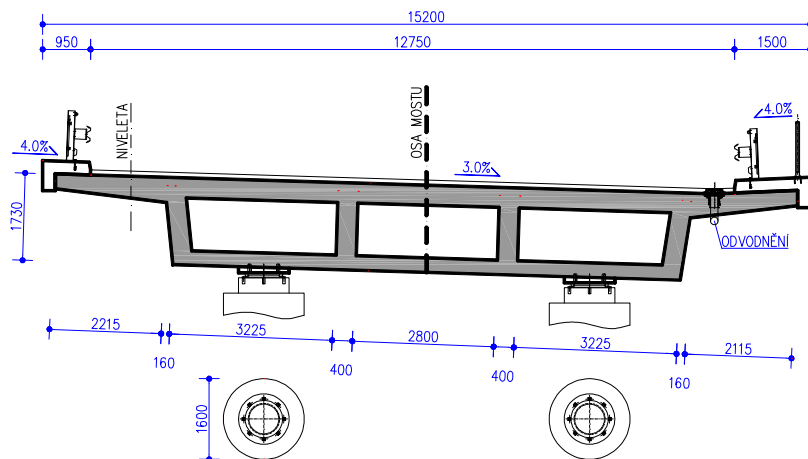
VARIANTA 2 DVA KOMOROVÉ NOSNÍKY SPOJENÉ DESKOU



Mostní konstrukci tvoří dva komorové nosníky spojené deskou. Stavební výška je větší než u předchozí studie - tento typ průřezu je na dané rozpětí neekonomický. Průřez dokáže lépe vzdorovat kroucení. Značná komplikace na bednicí práce, popřípadě vedení volného předpětí v komoře.

4.3) Varianta 3

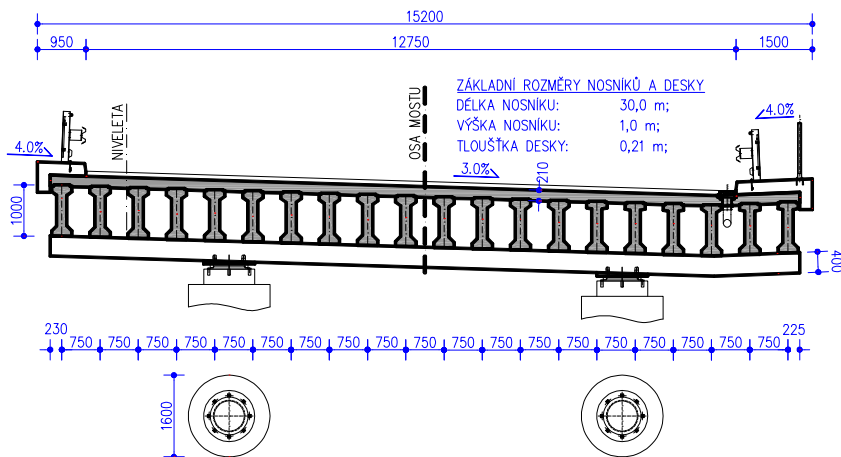
VARIANTA 3 VÍCE KOMOROVÝ NOSNÍK



Mostní konstrukci tvoří více komorový nosník. Stejný případ jak u varianty 2. Nevýhoda spočívá v komplikovaném provedení betonáže, popřípadě vyztužování jak betonářského, tak předpínacích kabelů. Taky pro rozpětí do 30,00 m je tahle konstrukce neekonomická.

4.4) Varianta 4

VARIANTA 4 PREFABRIKOVANÉ NOSNÍKY SKA-NPP 27–30 m



Mostní konstrukci tvoří prefabrikované nosníky SKA-NPP pro rozpětí 27-30 m, ve vzdálenostech 0,750 m (osově). Výhodou je jednoduchá proveditelnost, jak mechanická, tak i časová. Nevýhodou je nutnost monolitických příčníků.

Některé varianty jsou vhodnější, jiné méně. Volil jsem kompromisní řešení.

5) TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

5.1) Spodní stavba

Spodní stavby je založena na vrtaných pilotách o průměru 1,20 m a délky 6,00 m. Návrh vychází ze stávajícího objektu. Důkladnější řešení stavby není předmětem této diplomové práce.

5.2) Pilíře

Počet pilířů je 6. Pilíře jsou všechny stejného průměru a sice 1,60 m (kruhový průřez). Maximální výška pilíře je 9,96 m. Návrh a posouzení pilířů nejsou předmětem této diplomové práce.

5.3) Nosná konstrukce

Nosnou část konstrukce tvoří dodatečně předpjatý dvoutrám z betonu C30/37. Šířka v patě jednoho trámu je 2,20 m a v napojení na desku šířka činí 2,60 m. Výška dvoutrámu je 1,60 m. Železobetonová deska je proměnné tloušťky 0,30 m; 0,45 m; 0,35 m. Ve střední části je každý trám předepnutý pěti kabely (Y1860-S7-15.7), 19 lan. Kabely jsou napínány z obou stran. Výška mezi úložným prahem a nosnou konstrukcí je 0,17 m.

5.4) Vozovka

Skladba vozovkových vrstev:

Obrusná vrstva sma11mod	40 mm
Spojovací postřik kationaktivní emulzí	0,3 kg/m ²
Ochranná vrstva aco11	45 mm
Spojovací postřik kationaktivní emulzí	0,3 kg/m ²
Natavovací izolační pás	5 mm
Úprava povrchu mostovky brokováním	
Spolu	90 mm

Vozovka je navržena v příčném jednosměrném sklonu 3,0%, (pravém).

5.5) Římsy

Římsy jsou monolitické s výškou 0,25 m a jsou z betonu C35/45. Kraj římsy u vozovky je zakončen obrubníkem ve sklonu 5:1 a výška obruby je 0,15 m. Příčný sklon obou říms je 4,0% ve směru do vozovky. Římša levá je šířky 0,95 m a na pravé římse se nachází revizní chodník, je šířky 1,50 m.

5.6) Ložiska

Konstrukce je uložena na hrncová ložiska s minimální únosností 9MN (platí pro pilíře) a 4,5MN (platí pro krajní opěry P1 a P5). Pevné ložisko je na levé straně v podpěře P1. Pak na pravé straně podpěry P1 je jednosměrné ložisko. Posun je umožněn kolmo k podélné ose mostu. Pak jsou na pravé straně mostu už jen všesměrná ložiska a na levé straně zase jednosměrná s umožněným posunem kolmo k ose mostu. Rozměry hrncového ložiska jsou $R = 0,75$ m.

5.7) Odvodnění

Odvodnění povrchu je zajištěno příčným sklonem 3,0 % a odvodňovacími zařízeními, které jsou nad podpěrami P2, 3, 4 a v třetinách rozpětí polí. Odtoková voda je následně svedena do podélného potrubí, které je podél celého mostu a ústí u podpěry P5.

5.8) Svodidla a zábradlí

Kraje mostu jsou opatřeny mostními svodidly. Úroveň záchytného zařízení je ve výšce 0,75 m nad komunikací. Na pravé římse je zábradlí výšky 1,10 m.

6.) VÝSTAVBA MOSTU

Postup výstavby:

- ⇒ demolice stávající konstrukce
- ⇒ betonáž opěry a spodní stavby + pilířů
- ⇒ uložení bednění, hlavní nosní konstrukce na montážní podpěry
- ⇒ betonáž dvoutrámu (na skruži)
- ⇒ předeptnutí (viz v příloze P2.)
- ⇒ dobetonování závěrné zdi
- ⇒ odizolování nosné konstrukce
- ⇒ položení drenáže, dosypání a zhutnění prostoru za závěrnými zdmi

- ⇒ osazení mostního závěru
- ⇒ betonáž říms
- ⇒ zřízení vozovkových vrstev
- ⇒ mostní svodidla, zábradlí a další příslušenství
- ⇒ uvedení do provozu

ČAS [DNY]	NÁZEV FÁZE
0	BETONÁŽ DVOUTRÁMU
5	DOBA OŠETŘOVÁNÍ
14	PŘEDEPNUTÍ DVOUTRÁMU
60	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ
90	UVEDENÍ DO PROVOZU, ZATÍŽENÍ DOPRAVOU
36 000	ŽIVOTNOST, 100 LET

7.) STATICKÉ ŘEŠENÍ

Byly použity 3 výpočtové modely:	Model 1:	XZ prut, podélné řešení
	Model 2:	XYZ obecný desko-prut
	Model 3:	XZ prut (1 m), příčné dimenze

Model 1 jsem použil na návrh předpětí, jsou na něm uplatněny fáze zatěžování, což umožnilo řešení TDA a následně dlouhodobé ztráty předpětí. Nevýhoda tohoto modelu: nutno modifikovat nahodilé zatížení s ohledem na příčný roznos (příčinkové čáry). Předpětí je modelováno detailně... pro každý kabel samostatně. Zatížení je rozneseno a rozpočítáno a pojezdem aplikováno.

Model 2 jsem použil na získání prostorových výsledků, na každý trám samostatně, kroucení a pak taky porovnání výsledků v podélném směru a ověření jejich správnosti. Předpětí je modelováno v těžišti výztuže. Zatížení rozneseno do střednice a je aplikovaný pojezd.

Model 3 jsem použil na návrh a zatížení v příčném směru. Zatížení v konkrétních zatěžovacích stavech způsobující maxima.

8.) ZÁVĚR

Byl navržen silniční most pro přemostění cesty III/51311. Jako hlavní nosný konstrukční systém byl předem vybrán dvoutrám. Pro potřeby diplomové práce se statický výpočet zabýval jenom dimenzí v podélném a příčném směru. V souladu s Eurokódem byla konstrukce dimenzována a posouzena na

mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Byly zanedbány účinky zatížení teplotou, větrem a vodorovné síly od dopravy. Součástí dokumentace je výkresová část a vizualizace.

V Brně dne, 15. 1. 2015

Podpis:

Bc. Tomáš Lindtner



SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. 2. vyd. Brno: Cerm, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7
- [2] ČAMBULA, Jaroslav a spol. *Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódu*. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2010, 360 s. ISBN 978-80-97093-90-0
- [3] ZICH, Miloš a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódu*. Brno: Typos, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7
- [4] HRDOUŠEK, Vladislav; KUKAŇ, Vlastimil; ŠAFAŘ, Roman. *Betonové mosty I*. Praha: ČVUT, 2003, 33 s. ISBN 80-01-02853-4

SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY A VARIANTY ŘEŠENÍ

- P1.0 PŮDORYS
- P1.1 PODÉLNÝ A PŘÍČNÝ ŘEZ
- P1.2 VARIANTY

P2. VÝKRESY – PŘEHLEDNÉ, PODROBNÉ A DETAILS

- P2.0 PŮDORYS
- P2.1 PODÉLNÝ A PŘÍČNÝ ŘEZ
- P2.2 PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ
- P2.3 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ
- P2.4 DETAIL SCHODIŠTĚ

P3. VIZUALIZACE

P4. STATICKÝ VÝPOČET